

SIMILARIDADE DE MAPAS TEMÁTICOS GERADOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO

NELSON M. BETZEK¹, GABRIELA K. MICHELON², EDUARDO G. DE SOUZA³,
KELYN SCHENATTO⁴, ALEXSSANDER LIESENFELD⁵

¹Professor, Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Medianeira - PR, (45) 8807-9585, nmbetzek@gmail.com.

²Graduanda em Ciência da Computação, UTFPR, Medianeira - PR.

³Eng. Mecânico, Doutor em Eng. Mecânica, Professor Associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) /CCET/PGEAGRI/SBA, Grupos de Pesquisa GROSAP e GGEA, Pesquisador de Produtividade do CNPq, Cascavel - PR.

⁴Tecnóloga em Análise e Desenv. de Sistemas, Doutoranda em Eng. Agrícola, Professora do Depto. de Computação, UTFPR, Santa Helena - PR.

⁵Mestrando em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, UTFPR, Medianeira - PR.

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: A utilização de métodos de interpolação é capaz de gerar informações sobre a distribuição espacial dos valores de cada atributo de uma área agrícola. Os valores interpolados fazem parte da gama de estratégias para aplicação da agricultura de precisão, a fim de definir como será o manejo da área. Os valores mensurados para os locais não amostrados podem divergir, considerando os diferentes métodos de interpolação, e consequentemente influenciam, por exemplo, na aplicação localizada de insumos ou na proporção de sementes distribuídas por metro. Com o objetivo de observar a influência do método de interpolação, foram comparados mapas temáticos relativos à produtividade de soja safra 2014/2015 de duas áreas experimentais. Inverso da distância (ID), inverso da distância ao quadrado (IDQ) e krigagem ordinária (KO) foram os métodos utilizados para mensurar valores para locais não amostrados, e os índices Kappa, Tau e CDR para medir a concordância entre os mapas gerados. Apesar de apresentarem diferente potencial produtivo, não se observou influência significativa proporcionada pelos métodos de interpolação em nenhuma das áreas amostradas. IDQ foi o método que menos influenciou os valores dos dados originais, e KO e ID proporcionaram maior suavização dos valores mensurados e por consequência apresentaram maior concordância entre si, considerando os resultados obtidos por meio dos índices utilizados neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, geoestatística, variabilidade espacial.

SIMILARITY OF THEMATIC MAPS GENERATED BY DIFFERENT INTERPOLATION METHODS

ABSTRACT: The use of interpolation methods is able to generate information about the spatial distribution of values for each attribute of an agricultural area. The interpolated values are part of the range of strategies for implementation of precision agriculture, in order to define how will be the management of the area. The values measured for the non-sampled locations may differ, taking into account the different methods of interpolation and thereby influence, for example, the localized application of fertilizer or seeds distributed in proportion per meter. In order to observe the influence of interpolation method were compared thematic

maps for the soybean yield (2014/2015) in two experimental areas. Inverse distance (ID), inverse distance squared (IDQ) and ordinary kriging (KO) were the methods used to measure values for unsampled locations, and the index Kappa, Tau and CDR to measure the correlation between the generated maps. Despite having different production potential, there was no significant influence provided by interpolation methods in any of the sampled areas. IDQ was the method less influenced the values of the original data, and KO and ID provided greater smoothing of the measured values and therefore had greater agreement among themselves, considering the results obtained by the indices used in this study.

KEYWORDS: geostatistics, precision agriculture, spatial variability.

INTRODUÇÃO

As informações dos mapas de distribuição espacial produzido por meio dos interpoladores são utilizadas para a aplicação da agricultura de precisão. O manejo da área pode ser influenciado por conta da divergência de valores mensurados para o mesmo local por diferentes métodos de interpolação. Segundo Molin (2008), vizinho mais próximo, inverso da distância elevado a uma potência (IDP) e krigagem, são os métodos de interpolação mais utilizados, diferenciando-se pela maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras. Na interpolação usando IDP, os pesos são definidos como o inverso da distância elevado a uma potência, em que a distância é a que separa o valor interpolado dos valores observados. IDP são métodos determinísticos em que os pesos dos dados são avaliados durante o processo de interpolação e a influência de cada ponto amostrado é inversamente proporcional à distância do ponto a ser estimado (MAZZINI; SCHETTINI, 2009). A krigagem é um processo geoestatístico que estima valores para variáveis distribuídas no espaço e/ou tempo, com base em valores adjacentes quando considerados interdependentes pela análise variográfica. É um método que apresenta estimativas não tendenciosas e a mínima variância associada ao valor estimado (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). A krigagem fornece um algoritmo dos erros associados aos resultados obtidos, por meio de um modelo contínuo de variação espacial, e assim, é considerado um método de interpolação flexível e robusto, procurando expressar as tendências direcionais que os dados sugerem, evitando assim, o efeito de “olho-de-touro”, resultado de muitos interpoladores como o IDP (CRESSIE, 1993). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar se houve influência por parte do interpolador nos resultados obtidos por diferentes métodos de interpolação de dados relativos à produtividade de soja, safra 2014/2015 em duas áreas amostrais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados com base em grade amostral irregular em duas propriedades agrícolas localizadas na zona rural do município de Serranópolis do Iguaçu (área A 25°24'28" S e 54°00'17" O; área B, 25°26'49" S e 54°04'59" O), na região oeste do estado do Paraná - Brasil. As áreas são cultivadas sob sistema de plantio direto há mais de dez anos com rotação de cultura soja/milho, para fins comerciais. Durante este período foram realizadas análises químicas do solo e consequentes correções de calcário e adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, conforme recomendações técnicas. Nas áreas A e B, que possuem aproximadamente 9,9 ha e 24,0 ha, foram definidos respectivamente 42 e 73 pontos amostrais. A amostragem da produtividade de soja foi realizada manualmente e a partir de cada ponto amostral foram colhidas duas linhas em um percurso de 1 m, sendo o espaçamento entre linhas de 0,45 m, correspondendo a uma área de aproximadamente 0,9 m². Os dados foram analisados estatisticamente por meio de análise exploratória, visando identificar pontos

discrepantes e espacialmente por meio da geoestatística para identificar a estrutura de variabilidade espacial, por meio do software R. A semivariância foi calculada utilizando-se o estimador clássico de Matheron e analisados os resultados dos modelos teóricos esférico, exponencial e gaussiano, sendo selecionado o melhor modelo por meio da validação cruzada (FARACO et al., 2008), para interpolar os dados por KO. Além deste KO, também ID, IDQ foram utilizados para mensurar valores para locais não amostrados com o objetivo de gerar os mapas. A acurácia com que os valores são mensurados pelos interpoladores, foi medida por meio dos índices Kappa (COHEN, 1960), Tau (MA; REDMOND, 1995) e CDR (COELHO et al., 2009). Kappa e Tau são métodos quantitativos em que os valores obtidos pela interpolação dos dados necessitam ser reclassificados em classes iguais. Para tal, os valores são computados em uma matriz de erros e todos os elementos desta matriz são considerados para se obter o índice desejado (SANO et al., 2009). Também visando avaliar a similaridade entre os mapas, foi utilizado o coeficiente de desvio relativo - CDR (Equação 1 e 2), que calcula a diferença percentual média em módulo dos valores interpolados em cada mapa, considerando um deles como padrão (COELHO et al., 2009).

$$CDR_i = \left(\frac{P_i - P_{ipad}}{P_{ipad}} \right) * 100 \quad (1)$$

$$CDR = \frac{\sum_{i=1}^n |CDR_i|}{n} \quad (2)$$

em que,

CDR_i - coeficiente de desvio relativo pontual, %;

CDR - coeficiente de desvio relativo, %;

n - número de pontos estimados;

P_{ipad} - ponto i do mapa padrão;

P_i - ponto i para o mapa a ser comparado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações obtidas por meio da estatística descritiva (Tabela 1) permitiram observar que a produtividade média na área A (5,0 t ha⁻¹) foi superior à área B (4,5 t ha⁻¹). Seguindo a mesma tendência, o CV foi classificado segundo Pimentel-Gomes (2009), como baixo na área A e médio na área B. Considerando a mesma área, as medidas de tendência central (média e mediana) apresentaram valores muito próximos para ambas áreas, com diferença de 0,08 t ha⁻¹ na área A e 0,05 t ha⁻¹ na área B. Na área B, a menor produtividade ficou 0,8 t ha⁻¹ abaixo da menor produtividade da área A, mesmo assim, não configurando ponto discrepante.

TABELA 1. Estatística descritiva da produtividade de soja para áreas amostrais.

Produtividade (t ha ⁻¹)	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Amplitude	DP	CV
Área A	3,40	5,03	5,11	5,90	2,50	0,50	10,0% (b)
Área B	2,60	4,51	4,56	5,60	3,00	0,58	13,0% (m)

DP – Desvio Padrão; CV - Coeficiente de Variação: baixo (b); médio (m), alto (a), muito alto (ma).

Por meio da análise geoestatística e utilização da validação cruzada, o modelo gaussiano foi selecionado como melhor ajuste para a Área A e exponencial para a Área B. A influência

dos interpoladores IDQ, ID e KO foi avaliada por meio dos mapas gerados para cada área (Figura 1) e os resultados foram similares. Em ambas as áreas, o interpolador IDQ apresentou os maiores valores de máximo e os menores valores de mínimo, propiciando assim a construção de mapas com cinco classes. Também em ambas as áreas o ID classificou os valores interpolados em quatro classes, porém, sendo que praticamente 100% em duas classes centrais. A krigagem propiciou classificação em somente duas classes, consequência da maior suavização ocorrida no processo de interpolação.

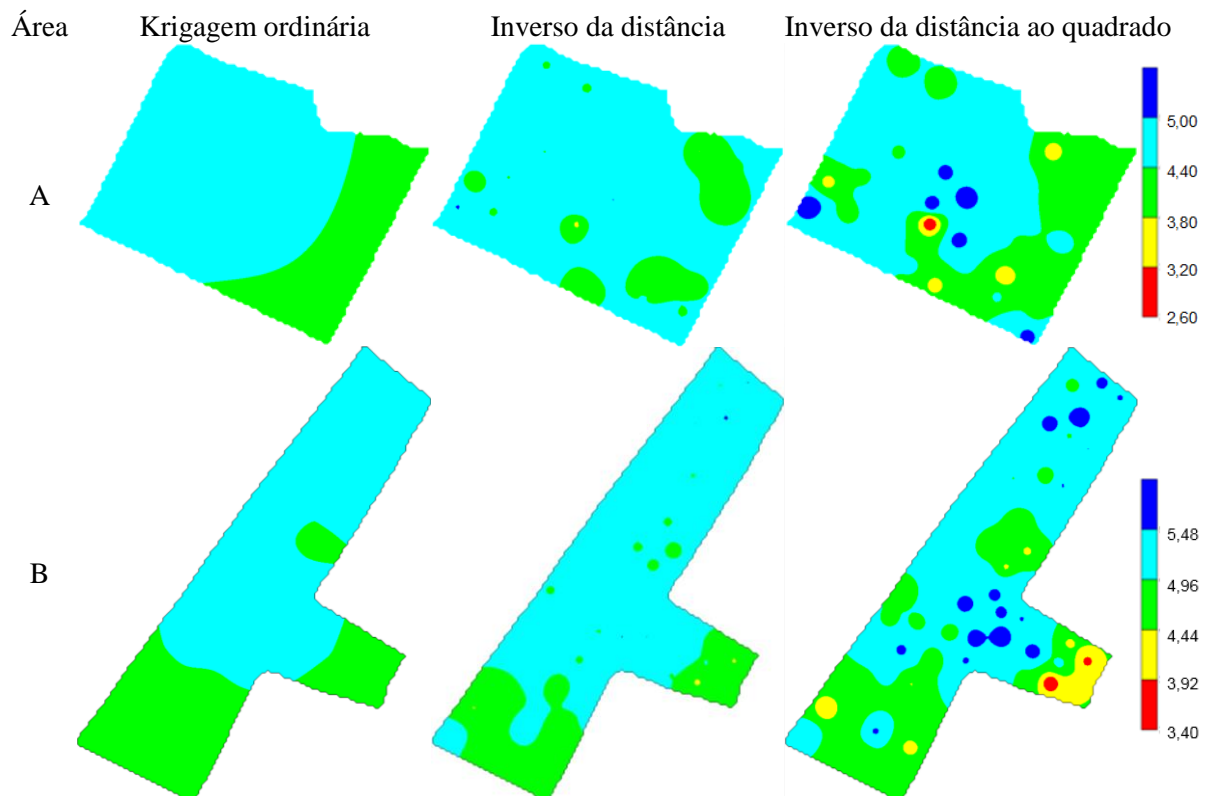


FIGURA 1. Mapas temáticos da produtividade de soja (área A e área B) gerados com base nos dados interpolados por krigagem ordinária (KO), inverso da distância (ID), inverso da distância ao quadrado (IDQ).

O IDQ foi o método que proporcionou menor variação nos valores de mínimo e máximo (e conseqüentemente na amplitude dos dados), DP e CV (Tabela 2). Os valores interpolados por krigagem foram os que apresentaram maior variação em relação aos dados originais. Independente da área e do método de interpolação utilizado, os valores para a média e mediana sofreram pequena variação.

TABELA 2. Efeito dos interpoladores sobre os conjuntos de dados da produtividade.

Produtividade	Inter- polador	Varição no valor Mínimo	Varição na Média	Varição na Mediana	Varição no valor Máximo	Varição na Amplitude
Área A	KO	44,9%	-0,2%	-1,4%	-13,8%	-90,3%
	ID	26,5%	0,0%	-1,3%	-5,8%	-48,0%
	IDQ	1,8%	-0,2%	-1,5%	-0,2%	-2,9%
Área B	KO	49,8%	-1,1%	-1,7%	-14,0%	-68,3%
	ID	31,7%	-0,1%	-1,1%	-4,9%	-36,1%
	IDQ	1,5%	-0,9%	-1,2%	-0,1%	-1,4%

A suavização dos dados apresentada pelos métodos da krigagem e ID propiciou maior concordância entre os mapas gerados por estes interpoladores (Tabela 3), sendo que para a área A, obteve-se o coeficiente de 0,63 para o índice Kappa, 0,76 para o índice Tau e 0,94% para o CDR. Para a área B, também o melhor Kappa (0,71), Tau (0,84) e CDR (1,84) foi entre ID e krigagem. Em ambas as áreas, segundo Landis e Koch (1977) o índice Kappa indica que os mapas possuem grau de concordância forte.

TABELA 3. Comparação entre mapas gerados por diferentes métodos de interpolação por meio dos índices Kappa, Tau e CDR.

Produtividade	Interpoladores	Kappa	Tau	CDR
Área A	KO x ID	0,63 (F)	0,76 (F)	0,94%
	KO x IDQ	0,45 (M)	0,66 (F)	2,80%
	ID x IDQ	0,41 (M)	0,62 (F)	2,22%
Área B	KO x ID	0,71 (F)	0,84 (F)	1,84%
	KO x IDQ	0,55 (M)	0,71 (F)	3,28%
	ID x IDQ	0,56 (M)	0,73 (F)	3,57%

Concordância: forte (F); moderada (M).

CONCLUSÕES

A concordância entre os mapas temáticos gerados pelos interpoladores por krigagem ordinária (KO) e inverso da distância (ID) foi alta para ambas as áreas, e moderada nas comparações com os mapas gerados com base nos dados interpolados por inverso da distância ao quadrado (IDQ). Os valores estimados por IDQ sofreram menor variação nos valores de mínimo e máximo, causando menor influência nos dados originais. Neste estudo, apesar da maior produtividade na área B, os valores estimados não foram influenciados significativamente por nenhum dos métodos utilizados para interpolação.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação Araucária (FA), à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), pelo aporte financeiro e aos proprietários pela concessão das áreas experimentais.

REFERÊNCIAS

- COELHO, E. C.; SOUZA, E. G. DE; URIBE-OPAZO, M. A.; PINHEIRO NETO, R. Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos. *Acta Scientiarum Agronomy, Maringá*, v. 31, n. 1, p. 165–174, 2009. Maringá-Pr.
- COHEN, J. A coefficient of agreement for nominals scales. *Journal of Education and Measurement*, v. 20, n. 1, p. 37–46, 1960.
- CRESSIE, N. A. C. *Statistics for spatial data*. Revised ed. New York: Wiley-Interscience Publication, 1993.
- FARACO, M. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, E. A. A. DA; JOHANN, J. A.; BORSSOI, J. A. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. *Revista Brasileira Ciência do Solo, Viçosa*, v. 32, n. 1, p. 463–476, 2008.
- MA, Z.; REDMOND, R. L. Tau coefficient for accuracy assessment of classification of

remote sensing data. **Photogrametric Engineering and Remote Sensing**, v. 61, n. 4, p. 435–439, 1995.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 13, n. 1, p. 53–64, 2009.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão. O gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba, 2008.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15th ed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

SANO, E. E.; SANTOS, E. M.; MENESES, P. R. Análise de imagens do satélite Alos Palsar para o mapeamento de uso e cobertura da terra do distrito federal. **Geociências**, v. 28, n. 4, p. 441–451, 2009.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística - conceitos e aplicações**. 1st ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.